

PRINSIP PENOLAKAN HASIL UKURAN SUATU BESARAN GEODESI

Oleh :
Ir. Waljiyanto*)

INTISARI

Pada pengukuran suatu besaran dalam geodesi, seperti pengukuran jarak, sudut dan azimuth biasanya dilakukan secara berulang-ulang. Dengan demikian besaran pengukuran tersebut merupakan sampel dari variabel random. Di samping itu satu kelompok pengukuran harus memenuhi syarat geometris tertentu. Dengan hitungan metode statistika dapat ditentukan besaran-besaran pengukuran yang ditolak.

I. PENGANTAR

Dasar penilaian baik-tidaknya hasil pengukuran besaran dalam geodesi adalah besarnya angka ketelitian. Istilah "ketelitian" itu sendiri masih mempunyai dua pengertian, yaitu akurasi ("accuracy") dan presisi ("precision").

Akurasi akan selalu berhubungan dengan harga yang sebenarnya ("true value"), sedang presisi berhubungan dengan harga yang paling mungkin ("most probable value") dari suatu besaran. Mudah dipahami bahwa harga yang sebenarnya dari suatu besaran tidak diketahui, sehingga besarnya akurasi juga tidak dapat diketahui. Dengan demikian ketelitian dalam hal ini mengandung arti "presisi", yang nilainya ditentukan oleh besarnya variansi.

Besaran geodesi X yang diukur berulang-ulang secara bebas, menurut Gauss merupakan variabel ran-

dom. Dengan mengambil harga rerata dari variabel X sebagai harga yang paling mungkin, maka besaran pengukuran tersebut mempunyai distribusi menurut distribusi frekuensi normal.

Pengukuran dengan distribusi normal akan mempunyai derajat kemungkinan yang disajikan dalam persamaan :

$$f(x) = (\sigma \times \sqrt{2\pi})^{-1} \exp\left[-(x - \xi)^2 / 2\sigma^2\right] \dots\dots\dots (1)$$

Dalam hal ini ξ adalah harga yang diharapkan dari variabel X, dan σ^2 adalah variansinya.

Suku tetap $(\sigma \times \sqrt{2\pi})^{-1}$ membuat :

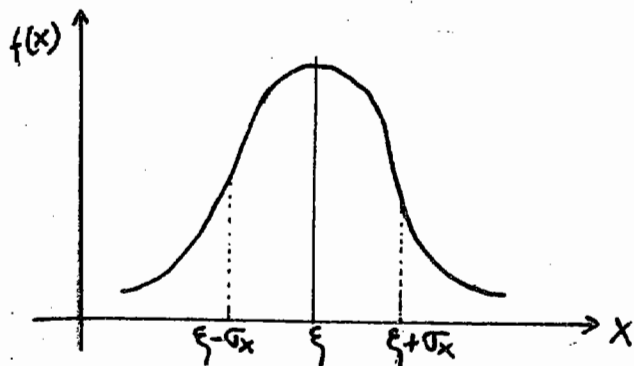
$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1 \dots\dots\dots (2)$$

Fungsi distribusi frekuensi normal di atas dapat digambarkan pada gambar 1, dan mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

a. Fungsi X maksimum untuk $X = \xi$

*) Anggota Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik UGM.

- b. Lengkungan simetris pada $X = \xi$
- c. Titik-titik belok didapat untuk $X = \xi \pm \sigma x$
- d. Kira-kira 68,3% dari luas di bawah lengkungan terletak di antara $\xi \pm \sigma x$.
Kira-kira 95,4% dari luas di bawah lengkungan terletak di antara $\xi \pm 2 \sigma x$.



Gambar 1. Distribusi frekuensi normal variabel random X

Dari sifat butir d di atas terlihat bahwa harga sampel besaran pengukuran harus terletak di antara

harga $\xi \pm \sigma x$, untuk taraf kepercayaan 68,3%. Untuk taraf kepercayaan 95,4%, harga besaran sampel pengukuran harus terletak di antara harga $\xi \pm 2 \sigma x$. Dengan kata lain harga besara di luar harga interval yang ditentukan akan ditolak. Pada bidang geodesi biasanya digunakan taraf kepercayaan 95,4% (Bjerhammar, 1973), sehingga harga besaran pengukuran harus terletak di antara $\xi \pm 2 \sigma x$.

H. PENOLAKAN HASIL UKURAN

Salah satu proses dalam pekerjaan geodesi adalah pengolahan data hasil ukuran di lapangan. Sebagai tahap pendahuluan dalam pengolahan data dilakukan hitungan sementara, yang bertujuan untuk mengetahui apakah hasil ukuran memenuhi batas ketelitian yang ditentukan atau tidak.

Sebagai bahan dalam pembahasan, di bawah ini disajikan dua set contoh pengukuran.

- a. Hasil pengukuran jarak sebuah sisi yang diukur 10 kali sebagai berikut :

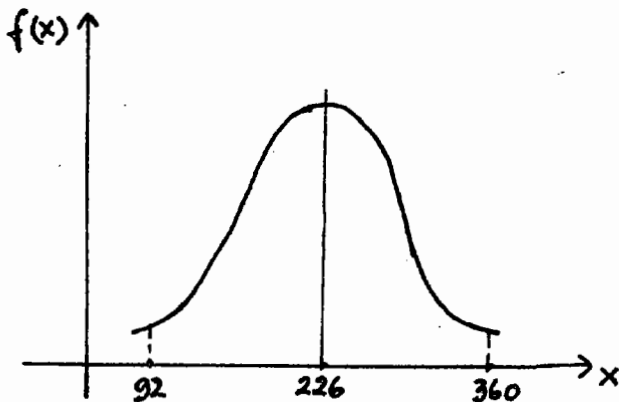
No.	Jarak ukuran X_i meter	$X_i - \bar{X}$ cm.	$(X_i - \bar{X})^2$ cm.
1.	254.160	— 6.6	43.56
2.	254.240	+ 1.4	1.96
3.	254.300	+ 7.4	54.76
4.	254.180	— 4.6	21.16
5.	254.210	— 1.6	2.56
6.	254.170	— 5.6	31.36
7.	254.190	— 3.6	12.96
8.	254.280	+ 5.4	29.16
9.	254.360	+ 13.4	179.56
10.	254.170	— 5.6	31.36

$$\begin{aligned}\bar{X} &= 254.226 \text{ meter} \\ [(X_i - \bar{X})] &= 408.40 \text{ cm.} \\ \sigma^2 &= 45.37778 \text{ cm.} \\ \sigma x &= \pm 6.736 \text{ cm} = \pm 0.067 \text{ meter}\end{aligned}$$

b. Pengukuran sudut segitiga ABC adalah :

sudut	besar sudut	simp. baku
A	60° 20'	± 5'
B	60° 15'	± 5'
C	59° 45'	± 5'

Pada kasus a, setelah dihitung harga simpangan baku $\sigma x = 0,067$ meter, maka besaran pengukuran harus terletak di antara 254.226 ± 0.134 meter. Harga ini diambil untuk taraf kepercayaan 95.4%, dan dapat digambarkan sebagai berikut :



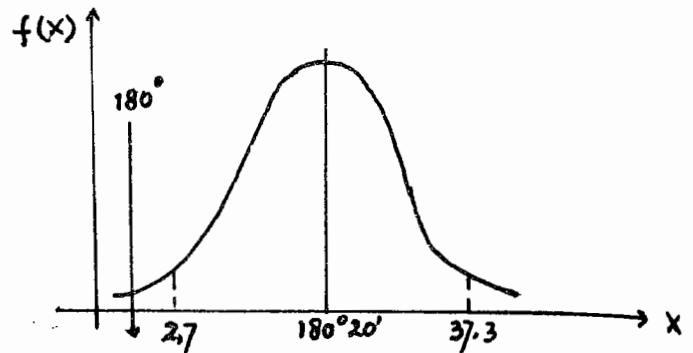
Gambar 2. Distribusi normal untuk pengukuran sisi pada kasus a

Dengan melihat gambar 2, maka semua harga jarak ukuran terletak pada daerah kepercayaan, sehingga semua harga pengukuran diterima.

Pada kasus b, dihitung jumlah hasil pengukuran sudut adalah $180^{\circ}20'$. Sedangkan syarat geometri jumlah sudut dalam segitiga adalah 180° , sehingga dari data pengukuran ada penyimpangan $20'$.

Dengan mengacu pada hukum perambatan kesalahan, setelah dihitung besarnya simpangan baku jumlah sudut segitiga ABC hasil ukuran adalah $\pm 5\sqrt{3}$ sekon.

Untuk taraf kepercayaan 95.4%, maka didapatkan jumlah sudut dalam segitiga ABC terletak di antara $180^{\circ}20' \pm 5'\sqrt{3}$, yang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3. Distribusi normal untuk pengukuran sudut pada kasus b

Gambar 3 menunjukkan bahwa syarat geometri jumlah sudut dalam segitiga 180° (harga yang benar), terletak di luar daerah kepercayaan hasil ukuran. Sehingga pengukuran sudut A, B dan C ditolak.

Uraian dua kasus ini menjelaskan bahwa pada kasus a semua harga besaran pengukuran diterima. Sedang pada kasus b, harga besaran mana yang ditolak sulit ditentukan, sehingga tiga besaran ditolak semua. Namun demikian, sebelum suatu besaran ditolak, harus diperhatikan hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam prosedur pengukuran, yaitu :

1. Cara pengukuran yang benar.
2. Memasukkan besaran koreksi yang diperlukan, misalnya koreksi karena kelengkungan bumi pada pengukuran jarak, koreksi adanya eksen sferis pada pengukuran sudut.
3. Memperhitungkan kesalahan sistematis yang terjadi selama pengukuran.

Ketiga hal di atas harus diterapkan sebelum dilakukan perhitungan, sehingga hasil hitungan data ukuran merupakan hasil yang benar.

III. PENUTUP

Dari uraian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menganggap besaran pengukuran sebagai sampel dari variabel random, dapat ditentukan besaran yang ditolak berdasar hitungan statistika.
2. Penolakan hasil ukuran besaran geodesi dapat dilakukan dengan syarat bahwa prosedur pengukuran sudah benar.

DAFTAR PUSTAKA

Bjerhammar, Arne, 1973, *Theory of Errors and Generalized Matrix Inverses*, Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

Cooper, M.A.R, 1982, *Fundamentals of Survey Measurement and Analysis*, Granada Publishing, London.

Nugroho, 1982, *Sendi-send Statistik*, Penerbit CV Rajawali, Jakarta.